

## ARAZTEGIETAKO ISURKINEK FEMINIZATURIKO ARRAINAK

AINARA VALENCIA LÓPEZ  
 ZBIT ikerketa taldea, Plentziako Itsas Estazioa  
 (PIE-UPV/EHU) eta Zoologia eta Animalia Zelulen  
 Biologia Saila (UPV/EHU)

**Mota askotako substantzia kutsatzaileak iristen dira gure ibaietara. Horien artean, substantzia feminizatzaileak daude, xenoestrogeno deritzenak. Substantzia horiek arrain arren sexu-aldaketa eragin dezakete. Izan ere, substantzia xenoestrogeno horien pean egondako arrain arren testikuluetan obozitoen agerpena deskribatu da; “intersex” deritzo fenomeno horri. Hainbat ikerketa egin dira azken urteotan fenomeno horren mekanismoak ulertu eta euskal kostaldeko arrain-populazioetan zenbateko eragina duen jakiteko.**

Zenbait kutsatzailek animalien sistema endokrinoaren funtzionamendua kaltetzen dute, hormonon bidezidorrei eragiten diete eta. Konposatu disruptore endokrino (EDC, ingelesez) deitzen zaie kutsatzaile horiei. Gure eguneroko bizitzan aurki ditzakegun substantzia kimiko asko sailkatu dira EDCen multzoan, hala nola zenbait hidrokarburo, garbigarrietako alkilfenolak, plastikoetako ftalatoak eta pestizidak, besteak beste.

Xenoestrogenoen konposatu-taldea da EDC kezkarriena, ornodun emeetan ugalketarako garrantzitsuen den hormona, estrogenoa, imitatze gai baitira. Gaitasun hori dute, besteak beste, hormona sintetikoek —pilula antisorgailuetan erabiltzen direnak, adibidez— eta beste zenbait konposatu kimikok; esaterako, plastikoen sintesia erabiltzen dien bisfenolak eta ftalatoak, eta zenbait detergentetan eta intsektizidetan egon ohi den nonilfenolak. Ingurunean daude horiek guztiak, eta gai dira hango organismoekin elkarreragiteko, bai eta kontzentrazio baxuetan ere.

Hainbat giza jarduera direla medio, ingurune urtarretara iristen dira konposatu horiek guztiak. Industriaguneetako eta etxetako hondakin-urak araztegiatan biltzen, tratatzen eta garbitzen dira, baina xenoestrogenoak ezin dira uretatik guztiz ezabatu, eta araztegietatik ibaietara askatzen diren uretan jarduera estrogenikoa egoten da.

Substantzia horiekin etengabeko kontaktuan egon daitezke arrainak. Zeluletan dauden estrogeno-hartzaileei lotzen zaizkie xenoestrogenoak, eta kontrol hormonalaren pean egon behar luketen prozesuak kaltetzen dituzte, eta aldaketak eragiten animalietan estrogenoari esker izaten diren funtzioetan (garapena eta ugalketa). Epe luzerako ondorioak ere eragin ditzakete. Arrainen sexua finkatzeko eta bereizteko

mekanismoei eragiten diete xenoestrogenoek; hori dela eta, desorekatu egin daiteke ugalketa-zikloa eta, kasurik larrienetan, erabateko sexu-aldaketa gertatu.

### BIOMARKATZAILEAK

Maila baxuko antolaketa biologikoko erantzunak aztertuz (gene-, zelula- edo ehun-mailakoak), gerora maila altuagoetan (animaliaren fisiologian, organismoan edo populazioan) gerta daitezkeen efektuei buruzko abisu goiztiarrak izan ditzakegu. Biomarkatzaileak deritze aztertutako erantzun horiei, eta epe luzera osasunean izan daitezkeen eraginen adierazle goiztiarrak dira.

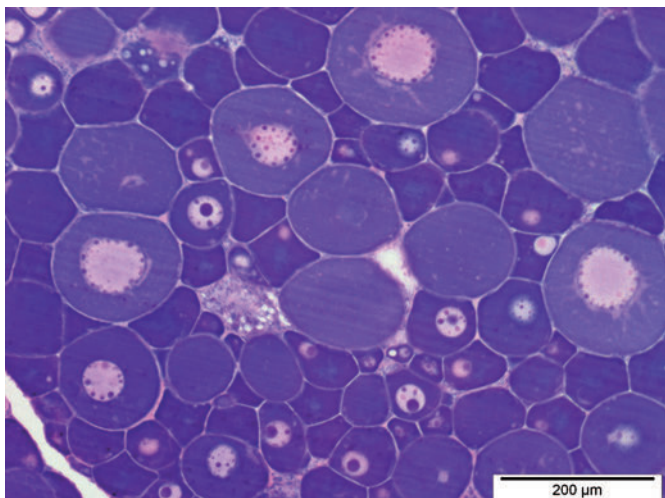
Xenoestrogenoen eragina jasaten duten arrainen eraldaketak deskribatzeko, biomarkatzaileak erabil daitezke. Bitelogenina (vtg) proteina estrogenoaren aginduz ekoiz-

ten da arrain emeen gibelean, eta obozitoetara garraiatzen da, erreserba-proteinen aitzindaria baita, arrautzaren biteloarena. Konposatu xenoestrogenikoen eraginez, arrain ar eta heldugabeetan ohikoa ez den vtg espresioa gertatzen da; horregatik, konposatu estrogenikoen biomarkatzaile modura erabiltzen da.

Xenoestrogenoen beste biomarkatzaile egoki bat aromatasak (Cyp19) dira. Hormona esteroideoen sintesian jarduten dira entzima horiek, adibidez, estrogenoen sintesian. Ornodunen estrogeno-maila erregulatzeaz arduratzen direnez, oso garrantzitsuak dira arrainen sexua finkatzeko eta bereizteko. Xenoestrogenoekiko esposizioak aromatas geneen transkripzio-mailen desoreka eragiten du, eta arrainen sexu-aldaketa bultzatzen.

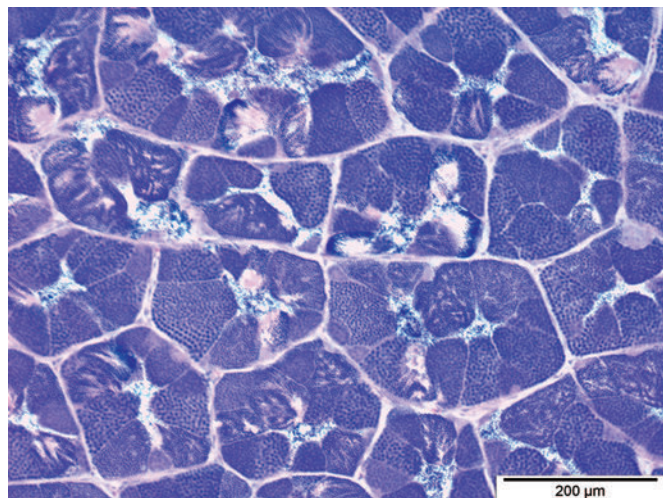


ARG.: CRISTINA BIZARRO



Otsailean Gernikan arrantzatutako korrokoï eme baten obarioa. Ikusten diren obozito guztiak perinukleolarrak dira, bitelogeneisa hasi aurrekoak.

ARG.: AINARA VALENCIA.



Otsailean Gernikan arrantzatutako korrokoï ar heldu baten testikulu baten mikroargazkia. Garapen-fase desberdinetako zelula espermatikoak ikusten dira folikulu espermatikoetan. ARG.: AINARA VALENCIA.

Molekula-mailako aldaketak gertatzen dira lehenbizi; ondoren, ehun-mailakoak. Adibidez, obozitoak detektatu izan dira arrain ar batzuen testikuluetan. “Intersex” deritze arrain horiei. Xenoestrogenoen kutsadura agertzen den mundu osoko hainbat tokitako arrain-populazioetan atzeman da fenomeno hori, zeina ehun-mailako biomarkatzailetzat erabiltzen den.

Azken urteetan, obozitoen presentziaren eta kalitatearen adierazle molekular bat deskribatu da: 5S rRNA. Erribosomen azpiunitate handiena eratzeko beharrezkoa den RNA erribosomikoa da molekula hori, eta zelula eukarioto guztietan agertzen da, bi eratara: zelula somatikoetan, batetik, eta obozitoetan, bestetik. Ikusi denez, oso altua da 5S rRNAren transkripzio-maila garatzen ari diren arrainen obozitoetan, beste RNA erribosomiko batzuekin (18S rRNA...) alderatuta. Ernalketa arrakastatsu baten ondoren enbrioaren hasierako garapena sostengatzeko beharrezkoa dela uste da, haren metaketari esker enbrioak proteinen sintesirako behar dituen erribosomak eskura izango baititu. Beraz, obozitoetako 5S rRNAren transkripzio altuari esker, sexu-biomarkatzaile modura erabil daiteke, emeen adierazle baita. Xenoestrogenoen mende dauden arrain arretan, aldiz, intersex egoeraren markatzaile molekularra bihurtu da.

### XENOESTROGENOAK EUSKAL HERRIAN

Euskal Herrian, Gernikako araztegiaren inguruan bizi den *Chelon labrosus* korrokoï-populazioan atzeman ziren lehenengo efektu xenoestrogenikoak, 2007an. Aztertu ziren arretatik % 30 intersexak ziren, eta arrin

odol-plasman bitelogenina detektatu zen, espeziifikoki emeena den arrin. Korrokoien behazunean, berriz, EDC aztarnak aurkitu ziren, batez ere garbigarrien eta pinturen deribatu diren alkilfenolak.

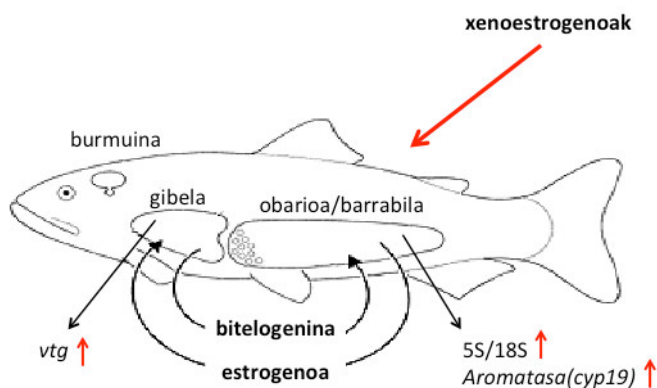
Geroago, euskal kostaldeko toki gehiagotan ere atzeman dira feminizatutako arrinak: Abran, Ondarroan, Deban eta Pasaian, besteak beste. Kutsatzaileen nahasketa konplexuak detektatu ziren arrain-populazio horietan, hala nola lindanoa, ftalatoak, alkilfenolak, bisfenol A eta farmako estrogenikoak. Ur-araztegiatiko emariak dira konposatu horien isurketa-iturri nagusiak.

Euskal kostaldean agertzen diren EDCen jatorria eta haien eraginaren bilakaera ikeritzeko, Gernikako eta Galindoko araztegien isurketetatik beheti bizi diren korrokoï-populazioak aztertu dira berriki. 2013ko ekainean eta 2014ko otsailean harrapatu ziren arrinak bi toki horietan, eta azterketa his-

tologikoak eta molekularrak egin zitzaizkien, intersex- eta feminizazio-prozesuen aztararik ba ote zuten jakiteko.

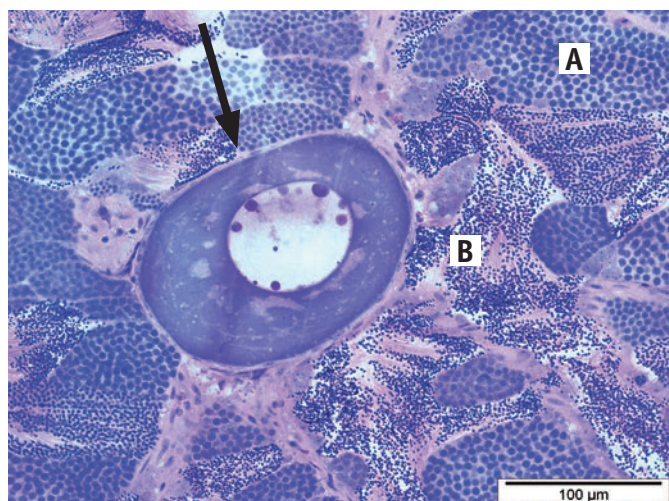
Bi populazio horietan aurkitu ziren intersex arrinak, eta askoz altuagoak izan ziren Gernikako mailak: hango arrin % 90 ziren intersexak otsaileko laginketan. Aldiz, Galindoko arrinetatik % 9 ziren intersexak. Dena dela, larritasun handiagoa zuen Galindoko arrainen feminizazio-mailak, ugariak baitziren obozitoak testikuluetan. Gernikan, aitzitik, obozito bakan batzuk agertu ziren.

Prebalentzia horietatik aparte, arrain intersexak agertzeak hau baieztatzen du: araztegi horietako urak konposatu xenoestrogenikoak jariatzen dituela, seguru aski. Biomarkatzaile molekularrak aztertuta, arrain intersexetan obozitoen markatzaile diren molekulen ratio altuak aurkitu ziren. 5S rRNA eta cyp19a1 aromatasa geneen transkribapen-mailak, berriz, arrain intersex emeen balioen antzekoak izan



Xenoestrogenoek arrinetan zer efektu eragiten duten aztertzeko erabiltzen diren biomarkatzaile molekularrak. Areagotu egiten da biomarkatzaile horien espresioa xenoestrogenoen aurrean, baldintza fisiologikoetan emeetan estrogeno endogenoak egiten duen bezala. ARG.: DOMEINU PUBLIKOAN, EGILEAK MOLDATUA.





Otsailean Gernikan arrantzatutako arrain intersex ar baten barrabil bat, non obozito perinukleolar bat ikusten den (geziak markaturik) zelula espermatikoz inguratutik: espermatozito sekundarioak (A) eta espermatidak (B). ARG.: AINARA VALENCIA.

## ERREFERENTZIAK

DEVLIN, R.H. NAGAHAMA, Y.: "Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences". *Aquaculture*. 208, (2002), 191-364.

DIAZ DE CERIO, O., ROJO-BARTOLOMÉ, I., BIZARRO, C., ORTIZ-ZARRAGOITIA, M., CANCIO, I.: "5S rRNA and accompanying proteins in gonads: powerful markers to identify sex and reproductive endocrine disruption in fish". *Environ. Sci. Technol.* 46, (2012), 7763-7771.

JOBLING, S., NOLAN, M., TYLER, C.R., BRIGHTY, G., SUMPTER, J.P.: "Widespread sexual disruption in wild fish". *Environ. Sci. Technol.* 32, (1998), 2498-2506.

ORTIZ-ZARRAGOITIA, M., BIZARRO, C., ROJO-BARTOLOMÉ, I., DIAZ DE CERIO, O., CAJARAVILLE, M.P., CANCIO, I.: "Mugilid Fish are Sentinels of Exposure to Endocrine Disrupting Compounds in Coastal and Estuarine Environments". *Mar. Drugs*. 12, (2014), 4756-4782.

PUY-AZURMENDI, E., ORTIZ-ZARRAGOITIA, M., VILLAGRASA, M., KUSTER, M., ARAGÓN, P., ATIENZA, J., PUCHADES, R., MAQUIEIRA, A., DOMÍNGUEZ, C., LÓPEZ DE ALDA, M., FERNANDES, D., PORTE, C., BAYONA, J.M., BARCELÓ, D., CAJARAVILLE, M.P.: "Exposure and effects of endocrine disruptors in thicklip grey mullet (*Chelon labrosus*) from the Urdaibai Biosphere Reserve (Bay of Biscay)". *Sci. Total Environ.* 443, (2013), 233-244.

VALENCIA, A.: *Reproductive endocrine disruption in thicklip grey mullets (*Chelon labrosus*) captured downstream of the WWTPs of Gernika and Galindo*. Master Thesis Project. University of the Basque Country. (2014).

BIZARRO, C., ROS, O., VALLEJO, A., PRIETO, A., ETXEBARRIA, N., CAJARAVILLE, M.P., ORTIZ-ZARRAGOITIA, M.: "Intersex condition and molecular markers of endocrine disruption in relation with burdens of emerging pollutants in thicklip grey mullets (*Chelon labrosus*) from Basque estuaries (South-East Bay of Biscay)". *Mar. Environ. Res.* 96, (2014), 19-28.

CAJARAVILLE, M.P., BEBIANNO, M.J., BLASCO, J., PORTE, C., SARASQUETE, C., VIARENGO, A.: "The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach". *Sci. Total Environ.* 247, (2000), 295-311.

ziren, testikuluen feminizazio-prozesuaren adierazle betiere. Bitelogenina aztertu zenean, baieztatu egin ziren emaitzak, eta berretsi xenoestrogenoekiko esposizioa arrain intersexen eta arren gibelean, non gauzaten baita proteina horren genearen gaineko espresioa.

## ONDORIOAK

Ar intersexak atzeman ziren Gernikako eta Galindoko araztegien inguruan bizi diren korroko-populazioetan. Gernikan intersex gehiago aurkitu ziren, baina Galindoko intersexen larritasun-maila altuagoa zen, barrabiletako obozito-kopurua altuagoa baitzen. Beraz, arrain arrak eme ari dira bihurtzen araztegiek isuritutako kutsatzaileekin kontaktuan dauden arrain-populazioetan.

## ETORKIZUNEAN

Nahiz eta ezagunak diren arrain intersexak, ez dago argi zein diren fenomenoaren mekanismo molekularrak, bizi-zikloko zein unetan bihurtzen diren intersex arrainak, zerk eragin duen, zehazki, aldaketa hori... Prozesu zelular hori ondo ulertzeko, pauso hau eman behar da lehenbizi: arrain ar eta emeen ugaltze-aparatuaren garapenean zer genek duten eragina jakitea eta testikulu/obario garapenean zein fasetan espresatzen diren neurtzea. Horretaz gain, komeni da gametoen bilakaera aztertzea ere. Horrela lortzen den informazioari esker, arrain intersexentzako biomarkatzaile goiztiarrak diseina daitezke, eta xenoestrogenoen presentziaren arriskua eraginkorkiagokudeatu. ●



Gernikako leku honetan hartu ziren laginak. ARG.: AINARA VALENCIA.

## OHARRA

Ikerketa-lan honek Zientziak eta Natur Zientziak arloko saria jaso zuen IkerGazte kongresuan. Artikulu hau *Elhuyar* aldizkariako egindako moldaketa da.